ฐานันดร์ ตรงใจ : การกำจัดฮาร์มอนิกในระบบรางไฟฟ้ากระแสสลับ (HARMONIC ELIMINATION IN AC ELECTRIC RAILWAY SYSTEMS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์, 241 หน้า

คำสำคัญ : การกำจัดฮาร์มอนิกในระบบรางไฟฟ้า วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนาน ระบบรางไฟฟ้า ตัวควบคุมพีไอ หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบรางไฟฟ้า

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการกำจัดฮาร์มอนิกด้วยวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนาน สำหรับระบบรางไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบรางไฟฟ้าได้เลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเลอร์บลองค์ (Le Blanc transformer) เพื่อลดระดับแรงดันไฟฟ้าและแปลงจากระบไฟฟ้ากำลังสามเฟสเป็นระบบไฟฟ้ากำลังสองเฟส (เฟสร่วม) และได้กำหนดให้โหลดของระบบรางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไต้หวันเป็นโหลดที่ใช้พิจารณากำจัดฮาร์มอนิกในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ โครงสร้างของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานที่ใช้เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบแบ็คทูแบ็คที่มีตัวเก็บประจุร่วม 1 ตัว เป็นแหล่งสะสมพลังงานหรือเรียกว่า วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานเฟสร่วม โดยการออกแบบค่าพารามิเตอร์ของวงจรกรองกำลังแอกทีฟดังกล่าวได้ใช้วิธีการดั้งเดิมที่อาศัยค่าพิกัดแรงดันที่จุดต่อร่วม (จุด PCC) และองค์ประกอบของโหลดระบบรางไฟฟ้า การตรวจจับฮาร์มอนิกสำหรับใช้คำนวณหาค่ากระแสอ้างอิงให้กับวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานเฟสร่วมได้เลือกใช้วิธีกรอบอ้างอิงซิงโครนัส การควบคุมกระแสชดเชยและแรงดันบัสไฟตรงของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานเฟสร่วมในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ใช้ตัวควบคุมพีไอ สำหรับการทดสอบสมรรถนะการกำจัดฮาร์มอนิกในระบบรางไฟฟ้าด้วยวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานเฟสร่วมจะใช้การจำลองสถานการณ์แบบฮาร์แวร์ในลูปที่ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ร่วมบอร์ด DSP รุ่น TMS320C2000™ Experiment Kit ผลการจำลองสถานการณ์พบว่า วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานเฟสร่วมและตัวควบคุมพีไอ ที่ได้จากการออกแบบสามารถกำจัดฮาร์มอนิกในระบบรางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิผล โดยค่าเปอร์เซนต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม (%THD) ของกระแสที่จุด PCC หลังการชดเชยมีค่าลดลง และเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE std.519-2014 นอกเหนือจากการใช้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานเฟสร่วม ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอการใช้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานสามเฟส เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการกำจัดฮาร์มอนิกในระบบรางไฟฟ้า ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่าวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานเฟสร่วม สามารถให้ประสิทธิผลการกำจัดฮาร์มอนิกที่ดีกว่า และส่งผลให้ค่ากำลังงานสูญเสียที่หม้อแปลงเลอร์บลองค์น้อยกว่ากรณีวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานสามเฟส นอกจากนี้ ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ได้มีการนำเสนอการจำลองสถานการณ์การกำจัดฮาร์มอนิกในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับสถานีไฟฟ้าย่อยจำนวน 3 สถานีของระบบรางไฟฟ้าประเทศไต้หวัน ซึ่งผลการจำลองสถานการณ์ พบว่า วงจรกรองกำลัง

แอกทีฟแบบขนานเฟสร่วมสามารถกำจัดฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อยได้อย่างมีประสิทธิผลจากผลดังกล่าวจึงทำให้ปริมาณฮาร์มอนิกที่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ารวมของทั้งสามสถานีมีค่าลดลงด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา จานนท์ ตรงใจ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

THANAN TRONGJAI : HARMONIC ELIMINATION IN AC ELECTRIC RAILWAY SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KONGPOL AREERAK, Ph.D., 241 PP.

Keyword : Harmonic elimination in electric railway systems, Shunt active power filter, Railway systems, PI controller, Railway transformer

This thesis presents the harmonic elimination using Shunt Active Power Filter (SAPF) for AC electric railway systems. The Le Blanc transformer is used to step down voltages and transform the three-phase power system to two-phase (co-phase) power system in power distribution of the railway system. The actual currents of the traction load in Taiwan's railways are considered for harmonic elimination in this thesis. The SAPF structure is the back-to-back single-phase inverter with a capacitor for energy strorage. It is called the Co-Phase SAPF. The parameters of Co-Phase SAPF are designed by the conventional approach which depends on the PCC voltage rating and harmonic load components of the electric railway system. The Synchronous Reference Frame (SRF) harmonic detection method is used to calculate the reference currents for the Co-Phase SAPF. The PI controllers are applied to control the compensating current and DC bus voltage of the Co-Phase SAPF. For the performance testing of harmonic elimination in electric railway system by Co-Phase SAPF, the hardware in the loop (HIL) simulation technique using MATLAB/Simulink program and DSP board TMS320C2000TM Experiment Kit is applied to simulate the harmonic elimination in the system. The simulation results show that the Co-Phase SAPF and PI controllers designed by the proposed method can provide the good performance for harmonic elimination in the electric railway system. The percentage of the total harmonic distortion (%THD) value at PCC after compensation are reduced and satisfied the IEEE std.519-2014. In addition, the Three-Phase SAPF is presented to compare the performance of hamonic elimination in the electric railway system with Co-Phase SAPF. The comparision result confirms that the Co-Phase SAPF provides better performance of harmonic elimination and generates low power loss in Le Blanc transformer compared with Three-Phase SAPF. Moreover, this thesis also presens the harmonic elimination of three substations in Taiwan's railway. The simulation result shows that the Co-Phase SAPF provides good

efficiency for eliminating harmonic in each substation. As the result, the harmonic quantity in the power distribution system of three substations is decrease.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering
Acadamic Year 2021

Student' s Signature ชาญณรงค์ ตรีใจ
Advisor's Signature
Co-advisor's Signature